

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЦЕПТУРНОГО СОСТАВА ФАРШЕВЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ ГИДРОБИОНТОВ

С.Л. Козлова<sup>\*</sup>, Т.К. Лебская<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup>Южный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии, Украина, 98300, г. Керчь, ул. Свердлова, 2

E-mail: sveta.kerch@mail.ru

<sup>\*\*</sup>Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Украина, 03041, г. Киев, ул. Героев Оборона, 15

E-mail: t\_lebskaya@ukr.net

На основе данных по химическому составу пищевых продуктов создан информационный банк ингредиентов для проектирования рецептуры полуфабрикатов; сформирована система линейных балансовых уравнений с критериями оптимизации по содержанию в полуфабрикатах аминокислот, жирных кислот, кальция, фосфора, магния и йода; выбрана целевая функция компьютерного моделирования – максимальное содержание белка в полуфабрикате; определены основные и дополнительные ограничения математической модели. С использованием метода линейного программирования определена рецептура фаршевых полуфабрикатов, максимально приближенных к установленным параметрам оптимизации.

*рецептура, компьютерное моделирование, критерии оптимизации, система ограничений, поиск решения*

### ВВЕДЕНИЕ

Известно, что многие виды сырья и готовых пищевых продуктов не обеспечивают поступление всех необходимых организму человека нутриентов в достаточных количествах и соотношениях. Поэтому в последнее время в технологии продуктов питания все большую популярность приобретают поликомпонентные продукты [1, 2].

Целью данной работы была разработка рецептуры фаршевых полуфабрикатов повышенной биологической ценности на основании комбинирования пресноводной рыбы, кальмаров, сырья животного и растительного происхождения.

### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При разработке рецептуры полуфабрикатов использовали принцип пищевой комбинаторики, в основу которого положен количественный подбор различных ингредиентов, которые в совокупности обеспечивают содержание незаменимых аминокислот (НАК), насыщенных (НЖК), мононенасыщенных жирных кислот (МНЖК), минеральных элементов в соответствии с требованиями адекватного питания, а также высокие органолептические показатели полуфабрикатов. Компьютерное моделирование проводили с помощью пакета Microsoft Excel методом линейного программирования.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Разработку рецептуры полуфабрикатов осуществляли в несколько этапов: на первом – был сформирован информационный банк данных на основе справочных таблиц по химическому составу пищевых продуктов [3], который включает четыре блока: ингредиенты, индексированные переменные (обозначены как  $X_i$ ), химический состав ингредиентов (в кг/кг съедобной части продукта) (табл. 1), в том числе выбор критерия целевой функции.

Таблица 1. Информационный банк данных для проектирования рецептуры полуфабрикатов повышенной биологической ценности

Table 1. Information database for design recipe of semi-prepared products of high biological value

Показчик	Ингредиенты/индексы															
	Товсто- лобик:	Кальмар	Сыр тв.	Сухе молоко	Яйца	Сало	Опик	Цибуля	Печеряцї	Морьва	Ѕтїб	Ѕузарї	Водорослї	Вода	Сїпъ	Перець
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$	$X_{11}$	$X_{12}$	$X_{13}$	$X_{14}$	$X_{15}$	$X_{16}$
Вода	0,7910	0,8180	0,4000	0,0400	0,7360	0,3840	0,0000	0,8600	0,8990	0,885	0,3630	0,1200	0,0651	1,0000	0,0000	0,0000
Бїлок	0,1600	0,1800	0,2340	0,3790	0,1270	0,1170	0,0000	0,0140	0,0320	0,013	0,0740	0,1120	0,0865	0,0000	0,0000	0,0000
Валк	0,0110	0,0050	0,0124	0,0176	0,0077	0,0064	0,0000	0,0003	0,0008	0,0004	0,0033	0,0037	0,0039	0,0000	0,0000	0,0000
Ізолейцин	0,0080	0,0043	0,0095	0,0193	0,0060	0,0058	0,0000	0,0002	0,0003	0,0004	0,0030	0,0034	0,0027	0,0000	0,0000	0,0000
Лейцин	0,0180	0,0207	0,0155	0,0356	0,0108	0,0095	0,0000	0,0004	0,0012	0,0004	0,0055	0,0062	0,0050	0,0000	0,0000	0,0000
Лїзин	0,0190	0,0201	0,0154	0,0226	0,0090	0,0096	0,0000	0,0006	0,0019	0,0004	0,0017	0,0020	0,0037	0,0000	0,0000	0,0000
Треонїн	0,0090	0,0065	0,0089	0,0169	0,0061	0,0057	0,0000	0,0002	0,0011	0,0003	0,0021	0,0025	0,0041	0,0000	0,0000	0,0000
Трїптофан	0,0018	0,0032	0,0080	0,0044	0,0020	0,0015	0,0000	0,0002	0,0021	8E-05	0,0008	0,0009	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Метїонїн+цїстїн	0,0065	0,0082	0,0069	0,0112	0,0072	0,0042	0,0000	0,0094	0,0006	0,0000	0,0031	0,0036	0,0018	0,0000	0,0000	0,0000
Фенїлаланїн+тірозїн	0,0130	0,0045	0,0265	0,0387	0,0113	0,0088	0,0000	0,0007	0,0039	0,0000	0,0058	0,0065	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
НЖК*	0,0116	0,0101	0,1610	0,0000	0,0304	3,3323	0,1130	0,0000	0,0010	0,0000	0,0043	0,0688	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
МНЖК**	0,0257	0,0036	0,0790	0,0000	0,0453	0,4185	0,2370	0,0000	0,0011	0,0000	0,0123	0,0177	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
$\omega$ 3	0,0004	0,0144	0,0000	0,0000	0,0006	0,0061	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
$\omega$ 6	0,0027	0,0003	0,0070	0,0000	0,0110	0,0945	0,5980	0,0000	0,0049	0,0000	0,0082	0,0036	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Кальцій	0,0003	0,0004	0,0100	0,0116	0,0006	0,0001	0,0000	0,0003	0,0018	0,0005	0,0002	0,0002	0,0069	0,0000	0,0000	0,0000
Магній	0,0002	0,0009	0,0005	0,0016	0,0001	0,0003	0,0000	0,0001	0,0010	0,0004	0,0003	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Фосфор	0,0022	0,0000	0,0054	0,0092	0,0022	0,0017	0,0000	0,0006	0,0061	0,0006	0,0011	0,0008	0,0038	0,0000	0,0000	0,0000
Йод	4E-08	0,0000	0,0000	4,6E-06	0,0000002	7E-08	0	3E-08	0,00000018	5E-08	4E-08	3,5E-08	0,00264	0,0000	0,0000	0,0000

Ингредиенты для рецептуры полуфабрикатов выбирали с учетом их химического состава, взаимного дополнения по каждому нутриенту, а также органолептических характеристик [4]. Так, кальмар является источником  $\omega$  3 жирных кислот, сало –  $\omega$  6 жирных кислот, сало – НЖК, МНЖК, морковь –  $\beta$ -каротина и пищевых волокон, водоросли – макро-и микроэлементов, в частности, йода и т. д.

На втором этапе моделирования на основе информационного банка данных сформировали систему линейных балансовых уравнений (табл. 2). Критерий оптимизации по содержанию НАК принят в количестве 20 % суточной потребности [5], что обусловлено максимальным содержанием аминокислот (согласно целевой функции) при условии решения этой задачи. При увеличении количества НАК решение не может быть найдено. Поскольку соотношение белков и липидов в рационах питания должно составлять 1:1, содержание НЖК, МНЖК, жирных кислот  $\omega$  3 и  $\omega$  6 также принято в количестве 20 % суточной потребности [5]. На всасывании кальция в тонком кишечнике отрицательно сказывается избыток фосфора и магния. Поэтому рекомендуемое соотношение этих элементов для взрослого человека составляет 1 : 1 : 0,33 [6]. Содержание их в полуфабрикатах принято в количестве 20 % суточной потребности. Потери йода при кулинарной обработке продуктов питания составляют около 50 %, поэтому

содержание йода в быстрозамороженных полуфабрикатах задано на уровне 100 % суточной потребности.

Таблица 2. Система линейных балансовых уравнений

Table 2. The system of linear equations of balance

Баланс по содержанию	Уравнения
1	2
Воды	$0,791X_1 + 0,818X_2 + 0,4X_3 + 0,04X_4 + 0,736X_5 + 0,384X_6 + 0,86X_8 + 0,899X_9 + 0,885X_{10} + 0,363X_{11} + 0,12X_{12} + 0,0651X_{13} + X_{14} = 0,63$
Белка	$0,16X_1 + 0,18X_2 + 0,234X_3 + 0,379X_4 + 0,127X_5 + 0,117X_6 + 0,014X_8 + 0,032X_9 + 0,013X_{10} + 0,074X_{11} + 0,112X_{12} + 0,0865X_{13}$
Валина	$0,011X_1 + 0,005X_2 + 0,0124X_3 + 0,176X_4 + 0,0077X_5 + 0,0064X_6 + 0,0003X_8 + 0,0008X_9 + 0,0004X_{10} + 0,0033X_{11} + 0,0037X_{12} + 0,0039X_{13} \geq 0,0050$
Изолейцина	$0,008X_1 + 0,0043X_2 + 0,0095X_3 + 0,0193X_4 + 0,006X_5 + 0,0058X_6 + 0,0002X_8 + 0,0003X_9 + 0,0004X_{10} + 0,003X_{11} + 0,0034X_{12} + 0,0027X_{13} \geq 0,0040$
Лейцина	$0,018X_1 + 0,0207X_2 + 0,0155X_3 + 0,0356X_4 + 0,0108X_5 + 0,0095X_6 + 0,0004X_8 + 0,0012X_9 + 0,0004X_{10} + 0,0055X_{11} + 0,062X_{12} + 0,005X_{13} + X_{14} + X_{15} \geq 0,0092$
Лизина	$0,019X_1 + 0,0201X_2 + 0,0154X_3 + 0,0226X_4 + 0,009X_5 + 0,0096X_6 + 0,0006X_8 + 0,0019X_9 + 0,0004X_{10} + 0,0017X_{11} + 0,002X_{12} + 0,0037X_{13} \geq 0,0082$
Треонина	$0,009X_1 + 0,0065X_2 + 0,0089X_3 + 0,0169X_4 + 0,0061X_5 + 0,0057X_6 + 0,0002X_8 + 0,0011X_9 + 0,0003X_{10} + 0,0021X_{11} + 0,0025X_{12} + 0,0041X_{13} \geq 0,0048$
Триптофана	$0,0018X_1 + 0,0032X_2 + 0,008X_3 + 0,0044X_4 + 0,002X_5 + 0,0015X_6 + 0,0002X_8 + 0,0021X_9 + 0,00008X_{10} + 0,0008X_{11} + 0,0009X_{12} \geq 0,0016$
Метионина + цистина	$0,0065X_1 + 0,0082X_2 + 0,0069X_3 + 0,0112X_4 + 0,0072X_5 + 0,0042X_6 + 0,0094X_8 + 0,0006X_9 + 0,0031X_{11} + 0,0036X_{12} + 0,0018X_{13} \geq 0,0036$
Фенилаланина + тирозина	$0,013X_1 + 0,0045X_2 + 0,0265X_3 + 0,0387X_4 + 0,0113X_5 + 0,0088X_6 + 0,0007X_8 + 0,0039X_9 + 0,0058X_{11} + 0,0065X_{12} \geq 0,0088$
НЖК	$0,0116X_1 + 0,0101X_2 + 0,161X_3 + 0,0304X_5 + 0,3323X_6 + 0,113X_7 + 0,001X_9 + 0,0043X_{11} + 0,0688X_{12} = 0,0500$
МНЖК	$0,0257X_1 + 0,0036X_2 + 0,079X_3 + 0,0453X_5 + 0,4185X_6 + 0,237X_7 + 0,0011X_9 + 0,0123X_{11} + 0,0177X_{12} = 0,0600$
ω 3	$0,0004X_1 + 0,0144X_2 + 0,0006X_5 + 0,0061X_6 + 0,0001X_{11} + 0,0003X_{12} = 0,0020$

Окончание табл. 2  
End of the tabl 2

1	2
ω б	$0,0027X1 + 0,0003X2 + 0,007X3 + 0,011X5 + 0,0945X6 +$ $+0,598X7 + 0,0049X9 + 0,0082X11 + 0,0036X12 = 0,0200$
Кальция	$0,0003X1 + 0,0004X2 + 0,01X3 + 0,0116X4 + 0,0006X5 +$ $+0,0001X6 + 0,0003X8 + 0,0018X9 + 0,0005X10 + 0,0002X11 +$ $+0,0002X12 + 0,0069X13 = 0,0020$
Магния	$0,0002X1 + 0,0009X2 + 0,0005X3 + 0,0016X4 + 0,0001X5 +$ $0,003X6 + 0,0001X8 + 0,001X9 + 0,0004 X10 + 0,0003X11 +$ $+0,0002X12 \leq 0,0009$
Фосфора	$0,0022X1 + 0,0054X3 + 0,0092X4 + 0,0022X5 + 0,0017X6 +$ $0,0006X8 + 0,0061X9 + 0,0006X10 + 0,0011X11 + 0,0008X12 +$ $+0,0038X13 \leq 0,0030$
Йода	$0,00000004X1 + 0,0000046X4 + 0,0000002X5 + 0,00000007X6 +$ $+0,00000003X8 + 0,00000018X9 + 0,00000005X10 +$ $+0,00000004X11 + 0,000000035X12 + 0,00264X13 = 0,0000015$
Общего количества, кг	$X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9 + X10 + X11 +$ $+X12 + X13 + X14 + X15 + X16 = 1$

На третьем этапе определили основные ограничения по содержанию тех ингредиентов, качественные характеристики которых влияют на вкус продукта, но не могут быть охарактеризованы с помощью выбранных показателей банка данных. На основе результатов экспериментальных исследований, литературных данных и нормативной документации установлено, что оптимальное содержание соли и перца в полуфабрикатах составляет 1,5 и 0,1 % соответственно. Таким образом, система основных ограничений представлена уравнениями по содержанию соли и перца черного молотого:  $X15 = 0,0150$  и  $X16 = 0,0001$  соответственно.

На четвертом – выбран критерий – целевая функция, который позволяет из множества возможных рецептур выбрать оптимальный вариант. В нашем случае целевой функцией является максимальное содержание белка в полуфабрикате.

На пятом этапе решение системы линейных балансовых уравнений находили с помощью функции «Поиск решения» в программе Microsoft Excel. Для этого в столбце Т (Лимит) указывали параметры оптимизации (рис. 1). После введения лимитирующих значений параметров оптимизации запустили функцию «Поиск решения», выбрали ячейку целевой функции (R6) – установили ее равной максимальному значению; выбрали параметры, которые изменяются – это ячейки массы ингредиентов (B2:Q2); в поле «Ограничения» ввели ограничения по содержанию НАК, жирных кислот, минеральных элементов, общему количеству смеси, содержанию соли и перца (рис. 1).

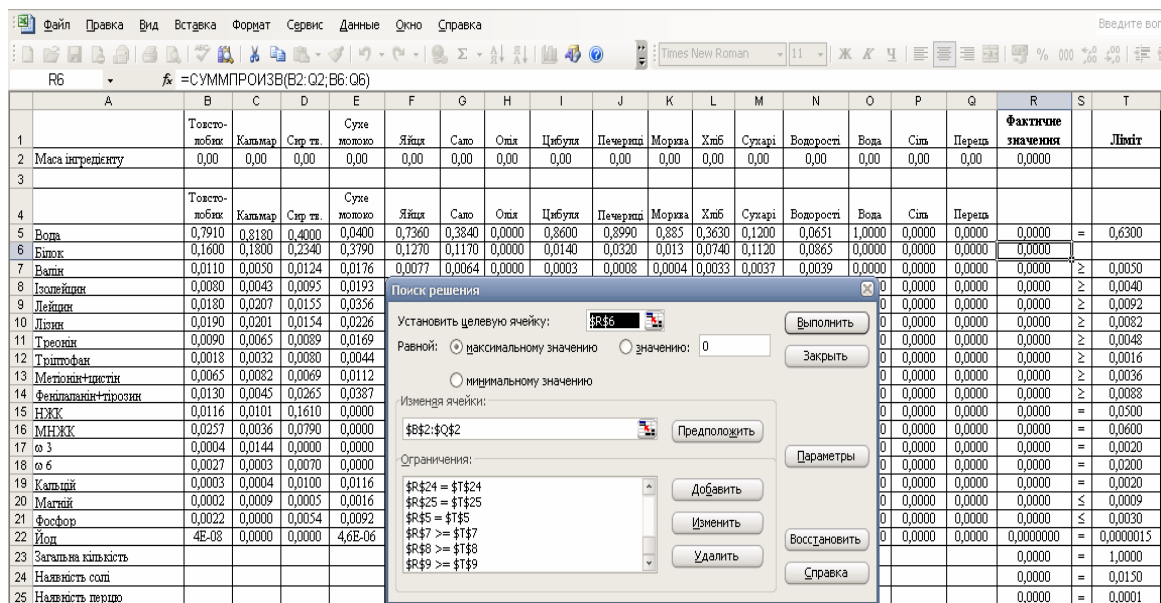


Рис. 1. Фрагмент проектирования рецептуры фаршевых полуфабрикатов на стадии ввода основных ограничений в функции «Поиск решения»  
 Fig. 1. Fragment design recipe of semi-prepared products at stage of insertion major limitations at the function "Finding solution"

В результате поиска было найдено решение, при котором все ограничения и условия оптимальности выполнены, а именно: массы ингредиентов составляют, %: толстолобик – 62,11; кальмар – 8,77; сыр – 7,82; сухое молоко – 8,66; сало – 7,95; масло – 1,70; сухари – 1,44; водоросли – 0,04; соль – 1,50; перец – 0,01.

На шестом этапе проводили анализ разработанной рецептуры полуфабрикатов с точки зрения технологической адекватности и органолептических свойств. В данном случае разработанная рецептура не содержит сухари, которые необходимы для панировки фаршевых полуфабрикатов; воду – для гидратации водорослей и восстановления сухого молока, яйца и кальмары – для улучшения амино-, жирнокислотного состава полуфабрикатов, консистенции фарша; шампиньоны, лук, сыр твердый для улучшения органолептических качеств продукта; морковь – источник β-каротина и пищевых волокон. Таким образом, если рецептура имеет неудовлетворительные органолептические и/или технологические характеристики, формируют систему дополнительных ограничений на использование отдельных видов ингредиентов на основании результатов практических исследований (табл. 3).

Таблица 3. Система дополнительных ограничений  
 Table 3. The system of additional limitations

Измерение	Выражения	Измерение	Выражения
Толстолобика	$X1 \geq 0,200$	Лука	$X8 = 0,045$
Кальмара	$X2 \leq 0,250$	Шампиньонов	$X9 = 0,050$
Сира	$X3 = 0,080$	Моркови	$X10 = 0,06$
Яиц	$X5 = 0,040$	Сухарей	$X12 = 0,056$
Сала	$X6 \leq 0,045$	Воды	$X14 = 0,081$

В поле «Ограничения» функции «Поиск решения» к основным вводили дополнительные ограничения и снова выполняли поиск решения (рис. 2).

The screenshot shows an Excel spreadsheet with a 'Find Solution' dialog box open. The spreadsheet has columns for ingredients (A-T) and rows for various components. The dialog box is titled 'Поиск решения' (Find Solution) and contains the following information:

- Установить целевую ячейку:** \$B\$6
- Равной:**  максимальному значению  значению: 0
- Изменяя ячейки:** \$B\$2:\$Q\$2
- Ограничения:**
  - \$R\$26 = \$T\$26
  - \$R\$27 = \$T\$27
  - \$R\$28 = \$T\$28
  - \$R\$29 = \$T\$29
  - \$R\$30 = \$T\$30
  - \$R\$31 <= \$T\$31

Рис. 2. Фрагмент проектирования рецептуры фаршевых полуфабрикатов на стадии введения дополнительных ограничений в функции «Поиск решения»  
 Fig. 2. Fragment design recipe of semi-prepared products at stage of insertion additional limitations at the function "Finding solution"

Поскольку было задано 31 ограничение, то найти решение, удовлетворяющее абсолютно всем перечисленным критериям оптимизации, не удастся. Однако в результате поиска решения получены массовые доли ингредиентов, которые обеспечивают максимально возможное соответствие заданным параметрам, %: толстолобик – 28,03; кальмар – 10,89; сыр – 8,00; сухое молоко – 7,72; яйца – 4,00; сало – 4,50; масло – 2,20; лук – 4,50; шампиньоны – 5,00; морковь – 6,00; хлеб – 4,11; сухари – 5,60; водоросли – 0,04; соль – 1, 50; перец – 0,01 (рис. 3). Анализ полученной рецептуры, а именно: сравнение фактических значений ограничений (столбец R) с их лимитирующими (столбец T), показал, что все условия оптимизации выполнены, кроме ограничений по содержанию НЖК, МНЖК (рис. 3). Следует отметить, что сложность оптимизации содержания НЖК и МНЖК установлена во многих исследованиях, что обусловлено особенностью химического состава ингредиентов [7, 8].

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T		
1		Товсто- лобик	Кальмар	Сир'я тв.	Сухе молоко	Яйця	Сало	Олія	Цибуля	Печериці	Морква	Хліб	Сухарі	Вовторсті	Вода	Сіль	Перець	Фактичне значення		Ліміт		
2	Маса інгредієнту	0,2803	0,1089	0,0800	0,0772	0,0400	0,0450	0,0220	0,0450	0,0500	0,0600	0,0411	0,0560	0,0004	0,0790	0,0150	0,0001	1,0000				
3																						
4		Товсто- лобик	Кальмар	Сир'я тв.	Сухе молоко	Яйця	Сало	Олія	Цибуля	Печериці	Морква	Хліб	Сухарі	Вовторсті	Вода	Сіль	Перець					
5	Вода	0,7910	0,8180	0,4000	0,0400	0,7360	0,3840	0,0000	0,8600	0,8990	0,885	0,3630	0,1200	0,0651	1,0000	0,0000	0,0000	0,6300	=	0,6300		
6	Білок	0,1600	0,1800	0,2340	0,3790	0,1270	0,1170	0,0000	0,0140	0,0320	0,013	0,0740	0,1120	0,0865	0,0000	0,0000	0,0000	0,1351				
7	Ваніль	0,0110	0,0090	0,0124	0,0176	0,0077	0,0064	0,0000	0,0003	0,0008	0,0004	0,0033	0,0037	0,0039	0,0000	0,0000	0,0000	0,0070	>=	0,0050		
8	Ізопропанол	0,0080	0,0043	0,0095	0,0193	0,0060	0,0058	0,0000	0,0002	0,0003	0,0004	0,0030	0,0034	0,0027	0,0000	0,0000	0,0000	0,0058	>=	0,0040		
9	Лейцин	0,0180	0,0207	0,0155	0,0356	0,0108	0,0095	0,0000	0,0004	0,0012	0,0004	0,0055	0,0062	0,0050	0,0000	0,0000	0,0000	0,0128	>=	0,0092		
10	Лізин	0,0190	0,0201	0,0154	0,0226	0,0090	0,0096	0,0000	0,0006	0,0019	0,0004	0,0017	0,0020	0,0037	0,0000	0,0000	0,0000	0,0116	>=	0,0082		
11	Треонін	0,0090	0,0065	0,0089	0,0169	0,0061	0,0057	0,0000	0,0002	0,0011	0,0003	0,0021	0,0025	0,0041	0,0000	0,0000	0,0000	0,0061	>=	0,0048		
12	Триптофан	0,0018	0,0032	0,0080	0,0044	0,0020	0,0015	0,0000	0,0002	0,0021	3E-05	0,0008	0,0009	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0022	>=	0,0016		
13	Метіонін/цистин	0,0065	0,0082	0,0069	0,0112	0,0072	0,0042	0,0000	0,0004	0,0006	0,0000	0,0031	0,0036	0,0018	0,0000	0,0000	0,0000	0,0054	>=	0,0036		
14	Фенілаланін/тірозин	0,0130	0,0045	0,0265	0,0387	0,0113	0,0088	0,0000	0,0007	0,0039	0,0000	0,0038	0,0065	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0109	>=	0,0088		
15	НЖК	0,0116	0,0101	0,1610	0,0000	0,0304	0,3323	0,1130	0,0000	0,0010	0,0000	0,0043	0,0688	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0400	=	0,0500		
16	МНЖК	0,0257	0,0036	0,0790	0,0000	0,0453	0,4185	0,2370	0,0000	0,0011	0,0000	0,0123	0,0177	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0413	=	0,0600		
17	ω 3	0,0004	0,0144	0,0000	0,0000	0,0006	0,0061	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0020	>=	0,0020		
18	ω 6	0,0027	0,0003	0,0070	0,0000	0,0110	0,0945	0,5980	0,0000	0,0049	0,0000	0,0082	0,0036	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0200	=	0,0200		
19	Кальцій	0,0003	0,0004	0,0100	0,0116	0,0006	0,0001	0,0000	0,0003	0,0018	0,0005	0,0002	0,0002	0,0069	0,0000	0,0000	0,0000	0,0020	>=	0,0020		
20	Магній	0,0002	0,0009	0,0005	0,0016	0,0001	0,0003	0,0000	0,0001	0,0010	0,0004	0,0003	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004	<=	0,0009		
21	Фосфор	0,0022	0,0000	0,0054	0,0092	0,0022	0,0017	0,0000	0,0006	0,0061	0,0006	0,0011	0,0008	0,0038	0,0000	0,0000	0,0000	0,0024	<=	0,0030		
22	Йод	4E-08	0,0000	0,0000	4,6E-06	0,0000002	7E-08	0	3E-08	0,00000018	5E-08	4E-08	3,5E-08	0,00264	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000015	=	0,0000015		
23	Загальна калорія																			1,0000	=	1,0000
24	Навність солі																			0,0150	=	0,0150
25	Навність перцю																			0,0001	=	0,0001
26	Навність печериць																			0,0500	=	0,0500
27	Навність цибулі																			0,0450	=	0,0450
28	Навність сухарів																			0,0560	=	0,0560
29	Навність яєць																			0,0400	=	0,0400
30	Навність води																			0,0790	=	0,0790
31	Навність сала																			0,0450	<=	0,0450
32	Навність сиру																			0,0800	=	0,0800
33	Навність кальмарів																			0,1089	<=	0,2500
34	Навність товстолобика																			0,2803	>=	0,2000
35	Навність моркви																			0,0600	=	0,0600

Рис. 3. Фрагмент проектирования рецептуры фаршевых полуфабрикатов на стадии решения задачи

Fig. 3. Fragment design recipe of semi-prepared products at stage of task solution

## ВЫВОДЫ

На основании сформированных критериев оптимизации математической модели и целевой функции методом линейного программирования разработана рецептура комбинированных фаршевых полуфабрикатов повышенной биологической ценности.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кочеткова, А.А. Функциональные пищевые продукты: некоторые технологические подробности в общем вопросе / А.А. Кочеткова, В.И. Тужилкин // Пищевая промышленность. – 2003. – № 5. – С. 8 – 10.
2. Капрельянц, Л.В. Современные тенденции развития пищевой науки и технологий / Л.В. Капрельянц // Актуальні проблеми безпеки харчування: I міжгалуз. наук.-практ. конф., 14 – 15 жовтня 2010 р., : тези доп. – Донецьк: ДонНУЕТ, 2010. – С. 3.
3. Нестерин, М.Ф. Химический состав пищевых продуктов / М.Ф. Нестерин, И.М. Скурихин. – М. : Пищевая промышленность, 1979. – 247 с.
4. Козлова, С.Л. Обґрунтування використання інгредієнтів рослинного і тваринного походження в функціональних продуктах / С.Л. Козлова, Т.К. Лебська // Наукові здобутки молоді у вирішенні актуальних проблем переробки

сировини, стандартизації і безпеки продовольства: міжнар. науково-практ. конф. молодих вчених, аспірантів і студентів, 20-22 квітня 2010 р.: тези доп. – Київ: НУБіП України, 2010. – 188 с.

5. Онищенко, Г.Г. Рациональное питание. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ [Электронный ресурс] / Г.Г. Онищенко – Режим доступа: [http://www.businesspravo.ru / Docum/ Docum Show\\_DocumID\\_97295.html](http://www.businesspravo.ru / Docum/ Docum Show_DocumID_97295.html).

6. Про затвердження Норм фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах та енергії: наказ № 272 МОЗ України від 18.11.1999. – Київ: Офіційний вісник України, 1999. – № 49.

7. Сидоренко, О.В. Наукове обґрунтування і формування споживних властивостей продуктів з прісноводної риби та рослинної сировини: дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.18.15 „Товарознавство” / О.В. Сидоренко. – Київ, 2009. – 292 с.

8. Дончевська, Р.С. Формування споживних властивостей заморожених заливних продуктів із прісноводної риби: дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.18.15 „Товарознавство” / Р.С. Дончевська. – Київ, 2011.–156 с.

## COMPUTER DESIGN OF RECIPE SEMI-PREPARED PRODUCTS MADE OF AQUATIC ORGANISMS

S.L. Kozlova, T.K. Lebskaya

The recipe of semi-prepared products of high biological value made of aquatic organisms was elaborated by means of the created information database, the system of linear equations of balance, major and additional limitations of mathematical model.

*recipe, computer design, optimization criteria, the system of limitations, finding solution*